

ВЫВОД ФОРМУЛЫ ДЛЯ ПРОГИБА АРОЧНОЙ ФЕРМЫ МЕТОДОМ ДВОЙНОЙ ИНДУКЦИИ В СИСТЕМЕ MAPLE

Н.А. Белянкин, А.Ю. Бойко, М.Н. Кирсанов

Ферма с крестообразной решеткой П-образной формы имеет две неподвижные опоры. Дан вывод аналитической зависимости прогиба фермы от числа панелей в средней части и числа панелей в боковых частях. Использованы операторы для составления и решения рекуррентных уравнений системы Maple.

Ключевые слова: ферма, прогиб, Maple, индукция.

UDC 624.072

INDUCTIVE STUDY OF THE DEFLECTION OF THE COMPOSITE TRUSS LOADED ON THE UPPER BELT

A.S. Gorbunova¹, V.A. Lepetyukha²

¹ alisa_96@bk.ru; Национальный исследовательский университет «МЭИ»

² varya.lepetyuha@mail.ru; Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Two schemes of a flat statically determinate truss beam type, differing in the direction of the braces, are considered. A mathematical model of the deformation of a structure is constructed under the action of a load uniformly distributed over the upper belt. Formulas for deflection are derived depending on the number of panels.

Keywords: truss, deflection, Maple, induction.

The task is to find an analytical dependence of the deflection of statically determinate symmetric girders on number of spans. To determine the forces in the bars will use the program [1] written in the language of symbolic mathematics Maple. The deflection determined by the formula of Maxwell – Mohr

$$\Delta = \sum_{i=1}^{m-3} S_i N_i l_i / (EF),$$

where the following designations are used: S_i — the forces in the rods of the truss from the action of external loads distributed on the upper zone, N_i the forces in the rods from the action of a single force applied to the node's neighbor to the middle of the span l_i — length of rods, $m = 8(n + 1)$ is the number of rods along with three support rods. Forces in the three rigid support members to the amount are not included.

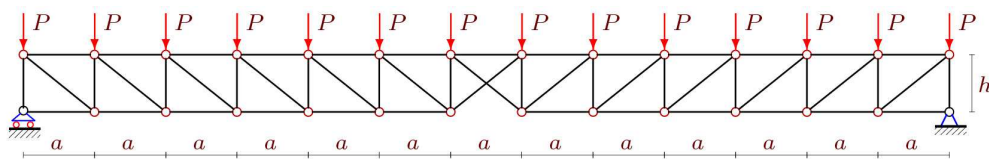


Fig. 1. Truss, downward bracings, $n = 6$

Consistently receiving the solutions of trusses with different number of panels ($n = 1, \dots, 10$), identify the pattern of formation of the coefficients in the formula for deflection.

Using operators composing (*rgf_findrecur*) and solving (*rsolve*) recurrent equations system Maple, we obtain the expression:

$$EF\Delta = P(H_n h^3 + C_n c^3 + A_n a^3) / h^2, \quad (1)$$

where $c = \sqrt{a^2 + h^2}$, $a = L/(2n + 1)$ and the coefficients $A_n = n(5n + 1)(n + 2)(n + 1)/12$, $H_n = n(n^2 + 2n + 5)/2$, $C_n = n(n + 1)^2/2$.

For the coefficient at h^3 , the equation of the fourth order

$$H_n = 4H_{n-1} - 6H_{n-2} + 4H_{n-3} - H_{n-4}.$$

For comparison, note that for a scheme with ascending bracings (Fig. 2) the coefficients in formula (1) will be the same, except for the coefficient H_n (sequence 0, 4, 15, 36, 70, 120, 189, 280, 396, 540...)

$$H_n = n(n + 2)(n - 1)/2.$$

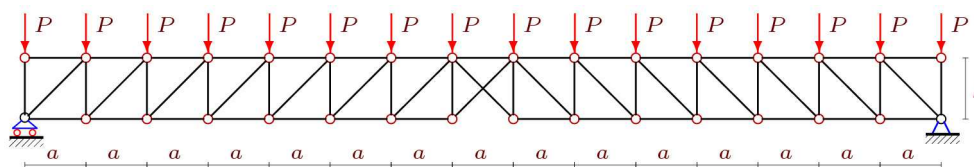


Fig. 2. Truss, ascending bracings, $n = 7$

Similar solutions on the basis of the program [1] are obtained for a flat [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13] and spatial [14, 15, 16, 17, 18, 19] trusses.

In [20] a brief critical review of the analytical solutions of problems on the deflection of flat regular trusses is given.

Литература

1. Кирсанов М.Н. Решебник. Теоретическая механика / М.Н. Кирсанов / Под ред. А.И.Кириллова – М.: Физматлит, 2008. – 382 с.
2. Zimenkov N.A. The formula for the deflection of flat truss / N.A. Zimenkov // Science Almanac. – 2016. – № 10-3. – P. 365–367.
3. Kirsanov M. An inductive method of calculation of the deflection of the truss regular type / M.N. Kirsanov // Architecture and Engineering. – 2016. – № 3. – Vol. 1. – P. 14–17.
4. Астахов С.В. Вывод формулы для прогиба внешне статически неопределимой плоской фермы под действием нагрузки в середине пролета / С.В. Астахов // Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 5, № 2. – С. 50–54.
5. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет прогиба распорной фермы с произвольным числом панелей / М.Н. Кирсанов // Механизация строительства. – 2017. – № 3 (873). – С. 26–29.
6. Кирсанов М.Н. Анализ усилий и деформаций в корабельном шпангоуте моделируемого фермой / М.Н. Кирсанов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2017. – Т. 9, № 3. – С. 560–569.
7. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет балочной фермы с решеткой типа «Butterfly» / М.Н. Кирсанов // Строительная механика и расчет сооружений. – 2016. – № 4. – С. 2–5.

8. Кирсанов М.Н. О влиянии наклона подвижной опоры на жесткость балочной фермы / М.Н. Кирсанов // Вестник МГСУ. – 2016. – № 10. – С. 35–44.
9. Кирсанов М.Н. Расчет прогиба симметричной балочной фермы в аналитической форме / М.Н. Кирсанов // Строительная механика и конструкции. – 2016. – Т. 2, № 13. – С. 5–9.
10. Кирсанов М.Н. О зависимости прогиба составной балочной фермы с параллельными поясами от числа панелей при загрузении верхнего пояса / М.Н. Кирсанов, М.И. Васьков // Моделирование и механика конструкций. – 2016. – № 4. – С. 3.
11. Кирсанов М.Н. Аналитическое выражение для прогиба балочной фермы со сложной решеткой / М.Н. Кирсанов // Моделирование и механика конструкций. – 2016. – № 4. – С. 4.
12. Кирсанов М.Н. Сравнительный анализ жесткости двух схем арочной фермы / М.Н. Кирсанов // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 9. – С. 44–55.
13. Тиньков Д.В. Формулы для расчёта прогиба вспарушенной балочной раскосной фермы с произвольным числом панелей / Д.В. Тиньков // Строительная механика и конструкции. – 2016. – Т. 2, № 13. – С. 10–14.
14. Кирсанов М.Н. Оценка прогиба и устойчивости пространственной балочной фермы / М.Н. Кирсанов // Строительная механика и расчет сооружений. – 2016. – № 5. – С. 19–22.
15. Кирсанов М.Н. Расчет пространственной стержневой системы, допускающей мгновенную изменяемость / М.Н. Кирсанов // Строительная механика и расчет сооружений. – 2012. – № 3. – С. 48–51.
16. Кирсанов М.Н. Аналитическое исследование жесткости пространственной статически определимой фермы / М.Н. Кирсанов // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12, Вып. 2 (101). – С. 165–171.
17. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет пространственной стержневой системы / М.Н. Кирсанов // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2012. – № 1. – С. 49–53.
18. Kirsanov M.N. Analysis of the buckling of spatial truss with cross lattice / M.N. Kirsanov // Magazine of Civil Engineering. – 2016. – № 4. – P. 52–58.
19. Kirsanov M.N. Analysis of deformations of the periodic truss with diagonal lattice/ M.N. Kirsanov, N.V. Zaborskaya // Magazine of Civil Engineering. – 2017. – № 3 (71). – P. 61–67.
20. Тиньков Д.В. Сравнительный анализ аналитических решений задачи о прогибе ферменных конструкций / Д.В. Тиньков // Инженерно-строительный журнал. – 2015. – №5. – С. 66–73.

ИНДУКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГИБА СОСТАВНОЙ ФЕРМЫ, ЗАГРУЖЕННОЙ ПО ВЕРХНЕМУ ПОЯСУ

А.С. Горбунова, В.А. Лепетюха

Рассмотрены две схемы плоской статически определимой фермы балочного типа, отличающиеся направлением раскосов. Строится математическая модель деформирования конструкции под действием равномерно распределенной по верхнему поясу нагрузки. Выводятся формулы для прогиба в зависимости от числа панелей.

Ключевые слова: ферма, прогиб, Maple, индукция.